

# **POLITICA DE DESARROLLO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA**

**LILIAN YAFFE C.**

Administradora de Empresas ICESI  
Investigadora del Centro de Desarrollo del Espíritu Empresarial

**RODRIGO VARELA V.**

Ph.D y M. Eng. en Ingeniería Química de Colorado School of Mines.  
Ingeniero Químico de la Universidad del Valle. Ex-Decano de la Escuela  
de Postgrados del ICESI. Ex-Decano Académico Facultad de Ingeniería  
UNIVALLE. Director Centro de Desarrollo del Espíritu Empresarial, ICESI,  
Profesor Distinguido UNIVALLE. Profesor ICESI-Autor.

## **1. INTRODUCCION**

Toda empresa debe enfrentar, en algún momento de su ciclo productivo, una importante decisión relacionada con la política de desarrollo de la capacidad de producción de sus líneas de operación.

En efecto, cuando se pretende adquirir un equipo, siempre surge el interrogante de si adquirirlo del tamaño requerido hoy, o adquirirlo sobrediseñado, de manera tal que cumpla con los requerimientos futuros (determinados por los estimativos sobre el comporta-

miento de la demanda). Evidentemente, está implícito el hecho de que hoy se cuenta con los recursos financieros necesarios para comprar bien sea el equipo grande, o el pequeño.

Analizando la situación en detalle, resultan al menos tres posibles alternativas para el empresario:

**ALTERNATIVA 1:** Comprar hoy un equipo grande, de alta capacidad, que podrá satisfacer la demanda actual y la futura.

**ALTERNATIVA 2:** Comprar hoy un equipo pequeño, y en algún momento futuro venderlo y comprar uno grande (cuando la demanda así lo exija).

**ALTERNATIVA 3:** Comprar hoy un equipo pequeño, y en algún momento futuro, comprar otro pequeño y trabajar con ambos, en línea paralela.

Las tres alternativas presentan aspectos positivos y negativos, los cuales indudablemente incidirán sobre la decisión.

- El adquirir inicialmente un equipo de alta capacidad, tiene como ventaja el hecho de que sólo se necesita pagar una instalación, el costo del equipo hoy es menor que el futuro, y no hay necesidad de desechar o mal vender el equipo en el futuro; sin embargo, su gran desventaja es la magnitud de la inversión actual, que implica altos costos de posesión por la alta inversión y altos costos de operación originados por instalaciones trabajando a capacidad reducida. Adicionalmente, el equipo grande puede caer fácilmente dentro de la obsolescencia tecnológica, y su adaptabilidad a cambios en los gustos de consumidor, o en el tamaño de la demanda o en cualquier otra variable de mercado, es muy baja.
- La segunda alternativa tiene como ventaja principal el hecho de que el equipo pequeño requiere una inversión menor, lo cual permite disponer de dinero sobrante que se puede reinvertir o capitalizar; además, su tamaño y diseño hacen que pueda adaptarse con mayor facilidad a las innovaciones tecnológicas, que sea más adaptable y flexible a cambios de gustos del consumidor, y finalmente, ofrece la ventaja de un excelente nivel de utilización de la capacidad instalada. Sin embargo, su desventaja es que al llegar a los requisitos de expansión, el equipo tiene que ser desmantelado y vendido (tal vez a un precio reducido) y hay necesi-

dad de adquirir el equipo de alta capacidad, el cual por los efectos de escalamiento de costos tendrá un mayor valor; adicionalmente el equipo pequeño se ve castigado con altos costos unitarios de operación, por no poder aprovechar las economías de escala.

- Finalmente, la alternativa de comprar hoy un equipo pequeño, e instalar posteriormente una línea en paralelo, ofrece básicamente las mismas ventajas que la segunda opción, es decir, excelente nivel de utilización de capacidad instalada, flexibilidad a cambios tecnológicos y de mercado e inversión actual baja, con dinero sobrante para reinvertir; su ventaja adicional es que, con una línea en paralelo, si uno de los equipos falla o se daña la producción no se paraliza totalmente porque el otro sigue funcionando. Sin embargo, las desventajas de esta alternativa se presentan en los altos costos de mantenimiento y reparación que exigirá la máquina vieja para seguir operando y en no poder aprovechar las economías de escala que se logran trabajando con una sola máquina grande.

Es evidente entonces que la decisión sobre el tamaño óptimo del equipo tiene implicaciones sobre todas las áreas de la empresa (económica-financiera; productiva; mercadeo, recursos humanos, etc), y por lo tanto debe ir precedida de un cuidadoso análisis que permita seleccionar la mejor alternativa para cada empresa y sus circunstancias particulares.

Este problema, que tradicionalmente había sido relativamente sencillo, en los últimos años y debido a situaciones como la inflación, el escalamiento, la devaluación, la alta rentabilidad del capital, la dinámica y volatilidad de los mercados, y la permanente innovación tecnológica y de productos, se ha convertido en un problema difícil y delicado para el empresario que debe tomar una decisión final, en complejas economías inflacionarias.

Se hace necesario por lo tanto, el desarrollo de algún tipo de herramienta o criterio decisorio que facilite al empresario la toma de esta decisión, y permita resolver el problema de política de desarrollo de la capacidad productiva en una forma más racional y con mejores bases cuantitativas. Vale la pena anotar que una discusión con bases similares a las aquí planteadas fue formulada por el profesor Thane R. Brown en un artículo de *Chemical Engineering* (1977). (Ver referencia 1).

Sin embargo, consideramos que el modelo ahí desarrollado puede ampliarse significativamente con la inclusión de otras variables y de nuevas alternativas para el desarrollo de la capacidad productiva, configurando así un modelo que explique un mayor número de situaciones y abarque un rango decisorio más amplio.

La discusión, desarrollo y análisis de este modelo decisorio, y de la naturaleza y relevancia de las variables que lo componen, constituyen el objetivo del presente trabajo, con la meta final de generar una herramienta útil para el empresario en la toma de decisiones sobre tamaño del equipo.

## 2. FACTORES DETERMINANTES DEL TAMAÑO DE EQUIPO

Existe un conjunto de factores, con diferente naturaleza y grado de relevancia, que resultan determinantes del tamaño de equipo a comprar. Estos factores son:

### 2.1 Económico-Financieros:

El tamaño de equipo que se compra dependerá directamente de la disponibilidad y acceso a recursos financieros que posea la empresa. Evidentemente, el problema no es sólo si se cuenta o no con el dinero necesario, sino que debe hacerse una óptima asignación de los recursos disponibles, para obtener una buena rentabilidad sobre el dinero invertido. Por lo tanto, debe considerarse

en detalle la improductividad del dinero ocioso, la capacidad de reinversión del dinero sobrante, los efectos inflacionarios, y demás aspectos financieros cuya relevancia en la determinación del tamaño de equipo es incuestionable.

### 2.2. Mercado:

El tamaño del equipo está estrechamente relacionado con la magnitud de la demanda que deberá satisfacer; el aspecto clave consiste en definir si se desea satisfacer la demanda actual, la del futuro cercano, o la de una perspectiva de mercado a largo plazo con los consecuentes efectos de esta decisión sobre el tamaño del equipo a comprar. Sin embargo, la demanda futura es un estimativo, un pronóstico realizado con base en el comportamiento actual del mercado y en sus perspectivas de crecimiento, y como tal no permite definir el número exacto de años durante los cuales el equipo podrá satisfacerla. De esta forma, la demanda sólo establece rangos de tiempo durante los cuales uno u otro tamaño de equipo son suficientes para abarcarla.

Por otra parte, hay factores externos a la organización de los cuales depende la demanda por un bien y que inciden sobre ella, haciendo aún más difícil su predicción. Estos factores, como el ingreso de la población, los niveles de precio, los factores demográficos, el poder de sustitución del bien, su elasticidad, la distribución geográfica del mercado, los cambios de producto y demás, hacen que sea imposible determinar el tamaño de equipo ideal para un número exacto de años, y obliga a establecer un rango de tiempo bastante flexible, en la decisión sobre uno u otro tamaño de planta.

### 2.3 Tecnología:

Las características intrínsecas de cada uno de los equipos constituyen un factor determinante del tamaño adecuado porque establecen en qué medida estarán ellos en capacidad de cumplir a cabalidad con las cuotas de producción

exigidas por la demanda. Así, no se trata solamente del tamaño del equipo, sino de su adaptabilidad a nuevas tecnologías, la rapidez con que serán obsoletos, los costos de mantenimiento implícitos en cada alternativa, los costos de operación de las diferentes tecnologías, el grado de capacitación del recurso humano exigido en cada una de ellas, y demás aspectos relacionados con la tecnología, que inciden sobre la decisión de uno u otro tamaño de equipo.

## 2.4 Factores Varios:

Dentro de este grupo de factores, se encuentran aspectos como el espacio disponible para ubicar el equipo, el número de personas y grado de capacitación exigida por cada uno de ellos, el nivel de contaminación provocada, las legislaciones urbanísticas y comerciales vigentes, etc. Estos factores, que aparentemente podrían parecer irrelevantes, no pueden de ninguna manera ser excluidos del análisis, por las implicaciones y efectos que encierran.

Sin embargo, dada la naturaleza de los factores, que en su mayoría son intangibles, su inclusión y análisis deberá ser posterior al análisis de los factores cuantitativos.

## 3. DESARROLLO DEL MODELO

### 3.1. Consideraciones Generales:

Dada la importancia e incidencia de los tres grupos de factores (financieros, tecnológicos y de mercado) en la determinación del tamaño de equipo, su inclusión en el modelo se hace prioritaria. Sin embargo, para no recargar el modelo con un número excesivo de variables que lo hagan inmanejable, se incluirán solamente los aspectos fundamentales y de mayor relevancia de cada grupo de factores. Así, entre los elementos financieros se considerará el escalamiento, la tasa mínima de retorno del empresario, la cuantía de las inversiones (alta y baja), los valores de mercado, y las relaciones porcentuales entre esas varia-

bles. Entre los factores de mercado, tendrá relevancia el tamaño de la demanda, cuyo estimativo depende del tamaño de la población, la distribución del ingreso y los niveles de precios. Finalmente, los aspectos tecnológicos incluirán la capacidad productiva de cada equipo y su vida útil estimada, por ser factores determinantes del momento óptimo de reemplazo.

Una vez definidos los factores a incluir en el modelo, deben establecerse los parámetros y criterios para su desarrollo. Básicamente, se trata de generar un momento óptimo de reemplazo, contra el cual pueda compararse la situación real de cada empresa en sus circunstancias particulares, y llegar con esta comparación a la decisión óptima en términos de política de desarrollo de la capacidad de producción. Así, el modelo considerará por un lado los factores *económico-financieros*, con los cuales se identifica un momento óptimo de reemplazo, determinado exclusivamente por consideraciones económico-financieras y de capital, y por otro lado los factores de *mercado y tecnológicos* con los cuales se determinará el momento real en el cual debe realizarse el reemplazo, por consideraciones de demanda y de capacidad de los equipos.

### 3.2 Consideraciones Económico-Financieras:

Con el supuesto básico de que en la actualidad se cuenta con recursos financieros suficientes para comprar un equipo grande o uno pequeño, las alternativas ya mencionadas que se presentan son:

**Alternativa 1:** Comprar hoy el equipo grande.

**Alternativa 2:** Comprar hoy un equipo pequeño, venderlo en el futuro y comprar uno grande.

**Alternativa 3:** Comprar hoy un equipo pequeño, y en el futuro comprar otro pequeño para instalar una línea en paralela.

En la segunda alternativa hay un dinero no utilizado, que es la diferencia entre la inversión de alta capacidad hoy ( $IA_h$ ) y la de baja capacidad hoy ( $IB_h$ ), el cual se invierte a la tasa mínima de retorno  $i^*$  durante algunos años (período que se denominará  $N1$ ), al cabo de los cuales se venderá el equipo pequeño y se comprará uno grande. El dinero acumulado en  $N1$ , debe cubrir la diferencia entre la inversión requerida en el equipo de alta capacidad en  $N1$  ( $IA_{N1}$ ) y el valor de mercado en  $N1$  del de baja capacidad ( $VM_{N1}$ ) para que, desde el punto de vista financiero, la segunda alternativa sea factible. Si no es así, resulta mejor utilizar la alternativa 1.

En la tercera alternativa, también hay dinero no utilizado, que es la diferencia entre la inversión de alta capacidad hoy ( $IA_h$ ) y la baja capacidad hoy ( $IB_h$ ), el cual se invierte a la tasa mínima de retorno  $i^*$  durante algunos años (período que se denominará  $N2$ ), al cabo de los cuales se comprará otro equipo pequeño para instalar la línea en paralelo. El dinero acumulado en  $N2$  debe ser suficiente para cubrir la inversión necesaria en un equipo pequeño en  $N2$  ( $IB_{N2}$ ), para que desde el punto de vista financiero, la tercera alternativa sea factible y si no es así, resultará mejor la alternativa 1.

$N1$  y  $N2$  son los parámetros que determinan momentos óptimos de reemplazo, desde un punto de vista exclusivamente *económico*. A continuación se presenta su desarrollo matemático.

### 3.3. Formulación matemática de los modelos

Se definen las siguientes variables:

$i^*$  = tasa mínima de retorno del empresario.

$e$  = tasa de incremento en precios de los equipos, debido al escalamiento.

$IA_h$  = Costo del equipo de alta capacidad, hoy.

$IB_h$  = Costo del equipo de baja capacidad, hoy.

$IA_{N1}$  = Costo del equipo de alta capacidad en  $N1$  años, debido al escalamiento.

$$IA_{N1} = IA_h (1 + e)^{N1} \quad (1)$$

$VM_h$  = Valor de mercado hoy, de un equipo con  $N1$  años de uso.

$VM_{N1}$  = Valor de mercado del equipo pequeño dentro de  $N1$ , debido al escalamiento.

$$VM_{N1} = VM_h (1 + e)^{N1} \quad (2)$$

$IA_h - IB_h$  = dinero sobrante hoy, el cual en  $N1$  años produce:

$$(IA_h - IB_h) (F/P, i^*, N1) \quad (3)$$

donde  $(F/P, i^*, N1) = (1 + i^*)^{N1}$

y en  $N2$  años produce:

$$(IA_h - IB_h) (F/P, i^*, N2) \quad (4)$$

donde  $(F/P, i^*, N2) = (1 + i^*)^{N2}$

$IA_{N1} - VM_{N1}$  = Requerimiento de capital en  $N1$  años, o sea

$$IA(1 + e)^{N1} - VM_h(1 + e)^{N1} \quad (5)$$

$IB_{N2}$  = Costo del equipo pequeño en  $N2$ , debido al escalamiento

$$IB_{N2} = IB_h (1 + e)^{N2} \quad (6)$$

Por lo expresado anteriormente, se tiene que la segunda alternativa es mejor que la primera si:

$$(IA_h - IB_h) (F/P, i^*, N1) \geq A_h (1 + e)^{N1} - VM_h (1 + e)^{N1} \quad (7)$$

El punto de equilibrio de las dos alternativas es cuando la inecuación anterior se convierte en igualdad, y despejando se tiene:

$$\left( \frac{1 + i^*}{1 + e} \right)^{N1} = \frac{(IA_h - VM_h)}{(IA_h - IB_h)} \quad (8)$$

o sea que:

$$N_1 = \frac{\text{Log} \left( \frac{IA_h - VM_h}{IA_h - IB_h} \right)}{\text{Log} \left( \frac{1 + i^*}{1 + e} \right)} \quad (9)$$

Si además se definen:

$VM_h = K_1 \cdot IA_h$ , siendo  $K_1$  el porcentaje que representa el valor de mercado de la máquina pequeña, con respecto a la grande, hoy

$IB_h = K_2 \cdot IA_h$ , siendo  $K_2$  el porcentaje que representa la inversión baja con respecto a la alta, hoy.

Se tendrá que:

$$N_1 = \frac{\text{Log} \left( \frac{IA_h - K_1 \cdot IA_h}{IA_h - K_2 \cdot IA_h} \right)}{\text{Log} \left( \frac{1 + i^*}{1 + e} \right)} \quad (10)$$

o sea:

$$N_1 = \frac{\text{Log} \left( \frac{1 - K_1}{1 - K_2} \right)}{\text{Log} \left( \frac{1 + i^*}{1 + e} \right)} \quad (11)$$

Por otra parte, la tercera alternativa resultará mejor que la primera cuando:

$$\begin{aligned} (IA_h - IB_h) (F/P, i^*, N_2) &\geq \\ IB_h (F/P, e, N_2) &\end{aligned} \quad (12)$$

El punto de equilibrio se alcanza cuando la inequación se convierte en igualdad, y despejando se tiene:

$$\frac{(1 + i^*)^{N_2}}{(1 + e)^{N_2}} = \frac{IB_h}{(IA_h - IB_h)} \quad (13)$$

o sea:

$$N_2 = \frac{\text{Log} \left( \frac{IB_h}{IA_h - IB_h} \right)}{\text{Log} \left( \frac{1 + i^*}{1 + e} \right)} \quad (14)$$

y por las definiciones de  $K_1$  y  $K_2$ :

$$N_2 = \frac{\text{Log} \left( \frac{K_2 \cdot IA_h}{IA_h - K_2 \cdot IA_h} \right)}{\text{Log} \left( \frac{1 + i^*}{1 + e} \right)} \quad (15)$$

o sea:

$$N_2 = \frac{\text{Log} \left( \frac{K_2}{1 - K_2} \right)}{\text{Log} \left( \frac{1 + i^*}{1 + e} \right)} \quad (16)$$

Vale la pena anotar que  $N_1$  y  $N_2$  son parámetros exclusivamente económicos, que determinan el número mínimo de años necesarios para que el capital sobrante, reinvertido, sea capaz de cubrir la diferencia para comprar el equipo grande (en el caso  $N_1$ ) o bien sea suficiente para comprar otro pequeño (en el caso de  $N_2$ ). En otras palabras,  $N_1$  y  $N_2$  establecen los momentos adecuados para el reemplazo, pero desde un punto de vista exclusivamente económico-financiero.

Estos parámetros, sin embargo, sólo serán útiles en la medida en que se comparen con las condiciones reales de la empresa, las cuales están determinadas por los factores tecnológicos y de mercado. Estas comparaciones se analizarán en detalle más adelante.

### 3.4 Análisis de los modelos

#### 3.4.1. Análisis de Rangos de Variables:

Analizando la ecuación (11):

$$N_1 = \frac{\text{Log} \left( \frac{1 - K_1}{1 - K_2} \right)}{\text{Log} \left( \frac{1 + i^*}{1 + e} \right)} \quad (11)$$

Se hacen evidentes una serie de importantes relaciones entre las variables involucradas.

Por una parte, la expresión  $\text{Log} \left( \frac{1 + i^*}{1 + e} \right)$  puede presentar los siguientes resultados posibles:

- Que  $1 + i^* < 1 + e$ , lo cual implicaría  $i^* < e$  que es evidentemente ilógico e inaceptable desde el punto de vista conceptual, porque la tasa mínima debe ser mayor que el escalamiento, y por ende se descarta.
- Que  $1 + i^* = 1 + e$ , implicando que  $i^* = e$ ; lo cual por un lado es poco razonable y por el otro genera en el denominador  $\text{Log } 1 = 0$ , y por lo tanto  $N_1$  imaginario. Por esta razón esta opción también se descarta.
- Que  $1 + i^* > 1 + e$ , implicando que  $i^* > e$ , condición totalmente válida desde el punto de vista conceptual (tasa mínima mayor que escalamiento) y por ende es la que se aceptará para el análisis.

Por otra parte, la expresión  $\text{Log} \left( \frac{1 - K_1}{1 - K_2} \right)$  podría derivar las siguientes alternativas:

- $1 - K_1 \leq 1 - K_2$ , resultando así que  $K_1 \geq K_2$ , lo cual implicaría que  $VM_h < IB_h$ , lo cual es absurdo porque un equipo usado nunca tendrá igual o mayor valor que uno nuevo de carac-

terísticas idénticas, en la misma posición de tiempo.

- $1 - K_1 > 1 - K_2$ , de donde  $K_1 < K_2$  y por ende  $VM_h < IB_h$ , condición totalmente lógica y válida con la cual se llevará a cabo el análisis.

Por lo tanto, los rangos dentro de los cuales tienen validez, las variables involucradas en  $N_1$  son:

$$i^* > e \text{ y } K_1 < K_2.$$

Haciendo un análisis similar para la ecuación (16):

$$N_2 = \frac{\text{Log} \left( \frac{K_2}{1 - K_2} \right)}{\text{Log} \left( \frac{1 + i^*}{1 + e} \right)}$$

Resultarían las siguientes consideraciones:

La expresión  $\text{Log} \left( \frac{1 + i^*}{1 + e} \right)$  ha sido analizada para el caso de  $N_1$ , y por lo ahí expuesto, solamente se aceptará el caso en el cual  $i^* > e$ .

En cuanto la expresión  $\text{Log} \left( \frac{K_2}{1 - K_2} \right)$  las posibles alternativas son:

- $K_2 \leq 1 - K_2$  implicando que  $K_2 \leq 0.5$ , o sea,  $IB_h \leq 0.5 IA_h$ , lo cual generaría valores de  $N_2 \leq 0$ , respuesta bastante impráctica. Esta condición, que indica que el valor de la pequeña sea menor o igual a la mitad del valor de la máquina grande, se puede dar sólo en aquellos casos en que el diferencial de capacidad entre las dos máquinas sea excesivamente grande. En el área de equipos de producción como se sabe existe la ley de los seis décimos que plantea que:



$$\frac{I_2}{I_1} = \left( \frac{Q_2}{Q_1} \right)^{0.6} \quad (17)$$

Siendo

$$I_2 = I_{Ah}$$

$$I_1 = I_{Bh}$$

$Q_2$  = Capacidad de la máquina grande.

$Q_1$  = Capacidad de la máquina pequeña.

Por lo tanto, para que  $I_1 \leq 0.5 I_2$  se requiere  $Q_2 \geq 3.17 Q_1$

Es claro que por razones prácticas en el desarrollo de este modelo se tiene interés en limitar las diferencias de capacidad y se trabajará en un rango particular definido arbitrariamente como:

$$1.5 \leq \frac{Q_2}{Q_1} \leq 2.5$$

o sea que  $K_2 \leq 0.5$  no se va a presentar.

- $K_2 > 1 - K_2$ , implicando  $K_2 > 0.5$ , o sea  $I_{Bh} > 0.5 I_{Ah}$ , que generarían valores de  $N_2 > 0$ , lo cual mezclado con el supuesto de las alternativas, o sea que la demanda de mercado a partir del punto "N2" puede ser atendida por una máquina de alta capacidad o por dos máquinas de baja capacidad, permite definir claramente el rango dentro del cual las variables involucradas en  $N_2$  tienen validez matemática y práctica como:

$$i^* > e \text{ y } K_2 > 0.5$$

### 3.4.2 Relaciones entre $N_1$ y $N_2$

- Una vez desarrollados los modelos para calcular  $N_1$  y  $N_2$ , definidos los rangos potenciales entre las variables  $K_1$  y  $K_2$  y entre  $e$  y  $i^*$ , es posible identificar algunas relaciones importantes entre  $N_1$  y  $N_2$ .
- $N_1$  sólo tiene sentido (valores positivos mayores que cero) cuando  $K_1 < K_2$ . Esto genera que de la gráfica N° 1

las regiones "C" y "D" sean regiones no factibles y que por lo tanto se pueden eliminar del universo de análisis.

- $N_2$  no depende de  $K_1$ , por lo tanto sus valores se pueden representar perfectamente en las regiones "A" y "B".
- Del análisis de los modelos se observa que:

$$1. \quad N_1 = N_2 \quad \text{Sii} \quad 1 - K_1 = K_2$$

o sea la recta  $K_1 + K_2 = 1$  define la zona de coincidencia de los dos modelos (Ver gráfica N° 1).

$$2. \quad N_1 > N_2 \quad \text{Sii} \quad 1 - K_1 > K_2$$

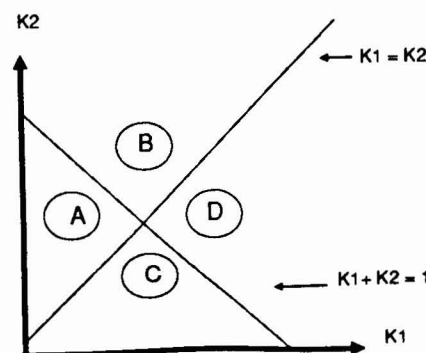
o sea la región definida por  $K_1 + K_2 < 1$ , que corresponde a la región "A" de la gráfica 1.

$$3. \quad N_1 < N_2 \quad \text{Sii} \quad 1 - K_1 < K_2$$

o sea la región definida por  $K_1 + K_2 > 1$ , que corresponde a la región "B" de la gráfica N° 1.

De estas relaciones matemáticas entre  $N_1$  y  $N_2$ , se puede rápidamente saber si se logra primero acumular capital para comprar la de alta capacidad vendiendo la de baja capacidad ( $N_1 < N_2$ ) o si se logra primero acumular capital para comprar la segunda unidad de baja capacidad ( $N_2 < N_1$ ).

GRAFICA N° 1



### 3.5 Consideraciones Tecnológicas y de Mercado:

En el desarrollo anterior se han generado dos parámetros económicos, que determinan cuál es, desde el punto de vista económico, el punto óptimo de reemplazo de máquinas ( $N_1$  para la segunda alternativa y  $N_2$  para la tercera), y se han establecido las relaciones entre esos 2 parámetros.

Sin embargo, es claro que no son solamente los factores económico - financieros los que afectan el reemplazo de equipo, pues como ya se ha explicado, también tienen gran incidencia los factores tecnológicos y de mercado. Estos, son en últimas los que establecen las condiciones reales de la empresa, desde el punto de vista de satisfacción de demanda futura (mercado) y capacidad productiva de las máquinas (tecnológico). Por lo tanto se hace necesaria la inclusión de estos factores dentro del modelo.

Se llamará 'N' el momento en el cual obligatoriamente debe efectuarse el reemplazo o sea aquel en el cual, independientemente de las condiciones financieras, la máquina pequeña es insuficiente para satisfacer la demanda y por ende debe incrementarse la capacidad productiva mediante una de las alternativas en análisis.

Con lo anterior, quedan definidos los 3 criterios decisorios del modelo, y resta

analizar sus relaciones mediante análisis comparativo, para derivar la decisión óptima sobre el reemplazo de equipos.

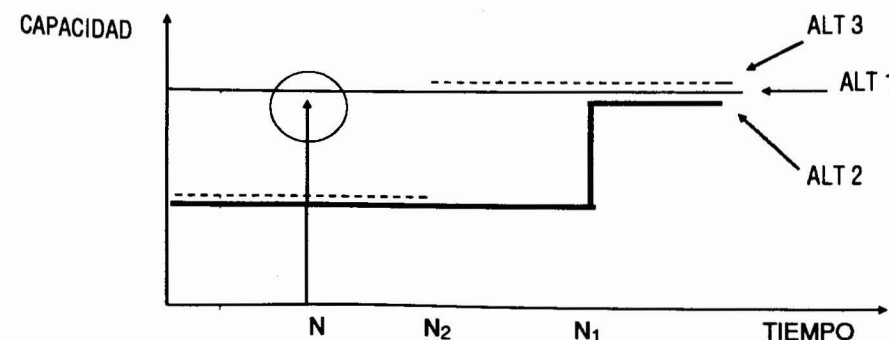
### 4. CRITERIOS DECISORIOS

Al confrontar los parámetros financieros ( $N_1$  y  $N_2$ ) con los tecnológicos y de mercado (N) pueden presentarse las siguientes situaciones:

#### 4.1 $N \leq N_1 \leq N_2$ ó $N \leq N_2 \leq N_1$ :

Es decir, que la capacidad de la máquina pequeña será insuficiente para satisfacer la demanda antes de acumular el dinero necesario para comprar otra pequeña ( $N_2$ ) o una grande ( $N_1$ ). En otras palabras, se hace necesario comprar hoy la máquina grande (Alternativa 1), aunque ésta trabaje a capacidad reducida (subutilizada) hasta el momento N. De lo contrario, si se espera hasta N para efectuar un reemplazo, el dinero disponible será insuficiente, y deberá incurrirse en un costo financiero adicional para conseguirlo. Podría plantearse como tema de investigación futura, el análisis y confrontación de estos costos (el de trabajar a capacidad reducida contra el costo financiero de conseguir el dinero), lo cual quizá podría dar una nueva luz y perspectiva al modelo. Sin embargo, según lo aquí expuesto resulta evidente que la decisión (para este caso) será comprar hoy el equipo grande (Alternativa 1). La gráfica N° 2 ilustra esta situación.

GRAFICA N° 2



#### 4.2 $N_1 \leq N \leq N_2$ :

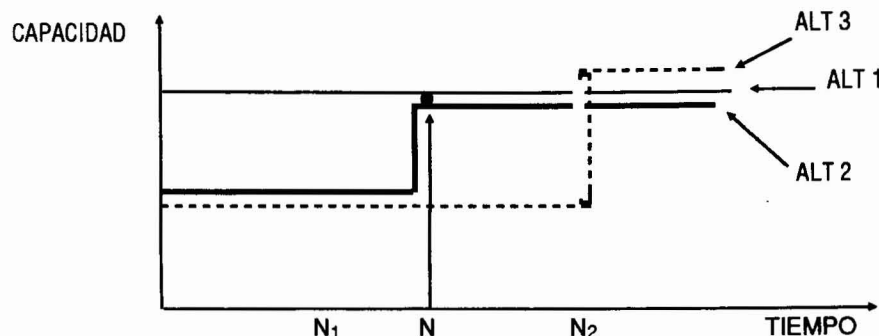
En esta situación, lo aconsejable es la alternativa 2, es decir comprar hoy una máquina pequeña e invertir el dinero sobrante, el cual en  $N_1$  será suficiente para reemplazarla por una máquina grande. En este caso hay mayor eficiencia en la utilización de los equipos que en los 2 casos anteriores, ya que se opera con una máquina pequeña, con un excelente aprovechamiento de ca-

vista, su situación implica un análisis financiero adicional, comparando ambas alternativas para decidir.

Sea  $S_1$  el dinero que sobraría si en  $N$  se comprara la máquina grande (Alternativa 2), o sea:

$$S_1 = (IA_h - IB_h) (F/P, i^*, N) + VM_h (F/P, e, N) - IA_h (F/P, e, N)$$

GRAFICA Nº 3



pacidad, hasta el momento  $N$  en que el reemplazo se hace forzoso.

El cambio, por lo tanto, no se hace en  $N_1$  sino en  $N$  (cuando la demanda lo exige) pero el capital acumulado hasta ese momento es ampliamente suficiente para efectuar el reemplazo, y por lo tanto no se incurrirá en costos financieros adicionales.

La gráfica Nº 3 ilustra esta situación.

#### 4.3 $N_1 \leq N_2 \leq N$ ó $N_2 \leq N_1 \leq N$ :

Esta situación ofrece al inversionista la opción de escoger, según sus circunstancias, entre las alternativas 2 y 3. Inicia hoy con una máquina pequeña, y el reemplazo deberá hacerse forzosa-mente en  $N$ , pero antes de eso ya se ha acumulado capital suficiente para comprar bien sea la máquina grande ( $N_1$ ) o la otra pequeña ( $N_2$ ). De este punto de

Y sea  $S_2$  el dinero que sobraría al escoger la alternativa 3. (Comprando en  $N$  otra máquina pequeña), o sea:

$$S_2 = (IA_h - IB_h) (F/P, i^*, N) - IB_h (F/P, e, N)$$

Desarrollando un poco estos conceptos, se tiene que:

$$S_1 = (IA_h - IB_h) (1 + i^*)^N + VM_h (1 + e)^N - IA_h (1 + e)^N$$

$$S_1 = (IA_h - K_2 IA_h) (1 + i^*)^N + K_1 IA_h (1 + e)^N - IA_h (1 + e)^N$$

$$S_1 = IA_h [(1 - K_2) (1 + i^*)^N - (1 - K_1) (1 + e)^N] \quad (19)$$

$$S_2 = (IA_h - IB_h) (1 + i^*)^N - IB_h (1 + e)^N$$

$$S_2 = (IA_h - K_2 IA_h) (1 + i^*)^N - K_2 IA_h (1 + e)^N$$

$$S_2 = IA_h [(1 - K_2) (1 + i^*)^N - K_2 (1 + e)^N] \quad (20)$$

Si se realiza:

$(S_2 - S_1) / IA_h$  se tendrá:

$$\frac{S_2 - S_1}{IA_h} = (1 - K_1) (1 + e)^N - K_2 (1 + e)^N$$

o sea:

$$\frac{S_2 - S_1}{IA_h} = (1 + e)^N \cdot (1 - K_1 - K_2)$$

y se concluye que, siendo  $(1 + e)^N$  una constante positiva:

$S_2 > S_1$  si  $1 - K_1 - K_2 > 0$ , o sea si  $K_1 + K_2 < 1$

$S_2 < S_1$  si  $1 - K_1 - K_2 < 0$ , o sea si  $K_1 + K_2 > 1$

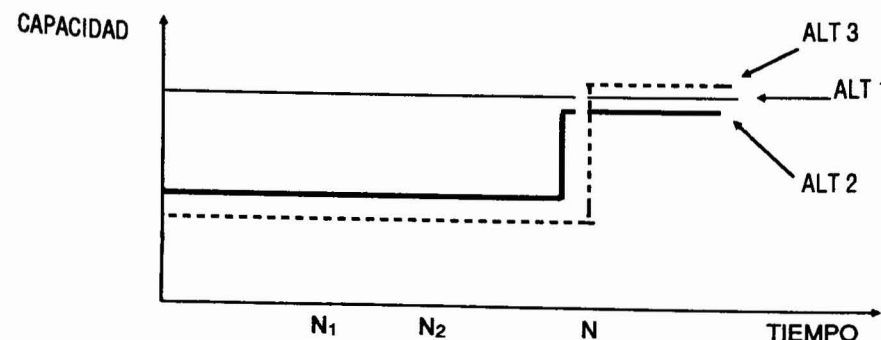
Lo cual corrobora lo planteado en las relaciones entre  $N_1$  y  $N_2$ , y permite concluir que, si la situación es  $N_1 \leq N_2 \leq N$  (implicando que  $K_1 + K_2 > 1$  y por ende  $S_2 < S_1$ ) la decisión óptima será siempre  $N_1$  (Alternativa 2), y por el contrario si se obtiene que  $N_2 \leq N_1 \leq N$  (con lo cual  $K_1 + K_2 < 1$  y además  $S_2 > S_1$ ) la mejor opción será siempre  $N_2$  (Alternativa 3).

En ambos casos hay una excelente utilización de la capacidad productiva, ya que se inicia con una máquina pequeña trabajando a un excelente nivel, hasta el momento  $N$  en el cual debe hacerse el reemplazo y se cuenta con el capital suficiente para efectuarlo. El gráfico Nº 4 ilustra esta situación.

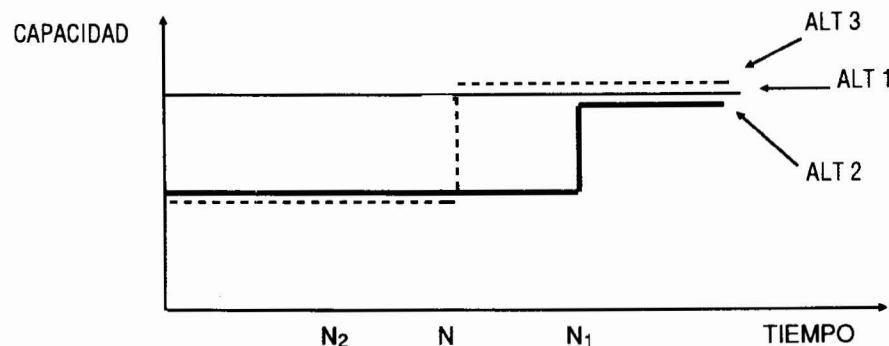
#### 4.4. $N_2 \leq N \leq N_1$ :

En esta situación la alternativa óptima es la Nº 3 según la cual se inicia hoy con un equipo pequeño y, cuando la demanda exija una ampliación de capacidad en  $N$ , ya se habrá acumulado el capital suficiente para comprar otro equipo pequeño e instalar la línea en paralela (el capital se acumuló en  $N_2$ ). Resulta también una alternativa con buena utilización de la capacidad instalada, ya que sólo se incrementa esta capacidad cuando la demanda así lo exige. (Gráfico Nº 5).

GRAFICA Nº 4



GRAFICA N° 5



## 5. EJEMPLOS

Con el propósito de ilustrar mejor estas decisiones se elaboró un programa de computador que permite calcular  $N_1$ ,  $N_2$  y tomar la decisión correspondiente. Los siguientes ejemplos que ilustran la aplicación de estos modelos y reglas de decisión han sido tomados del artículo del Dr. Brown (por eso los valores de  $IB_h$ ,  $IA_h$ ,  $i^*$  y  $e$  corresponden a las condiciones del mercado americano).

### • Ejemplo 1:

Un ingeniero está seleccionando una columna de destilación y sabe que hay una alta probabilidad de que en 5 años una columna de baja capacidad sea insuficiente para sus requerimientos.

En la actualidad, la columna de menor capacidad cuesta US\$ 75M ( $IB_h$ ), y la de mayor capacidad US\$100 M ( $IA_h$ ). El valor de mercado actual de una máquina de baja capacidad con 5 años de uso ( $VM_h$ ) asciende hoy a US\$5M. La tasa mínima de retorno es 20%, y el factor de escalamiento 7%.

### Análisis de resultados

Los resultados del programa de computador (adjuntos), indican que la situación en análisis es del tipo  $N \leq N_1$ , lo cual implica que es necesario comprar desde hoy una máquina de alta capacidad (ALT 1), decisión acorde con la encontrada por Thane Brown en su modelo.

### • Ejemplo 2:

Se está seleccionando el tamaño de un reactor, sabiendo que habrá necesidad de aumentar la capacidad entre el sexto y el octavo año por producción de nuevas líneas.

El equipo para las necesidades de hoy cuesta US\$2.6 M ( $IB_h$ ), mientras que el equipo para las necesidades futuras cuesta hoy US\$3.5 M ( $IA_h$ ). El  $VM_h$  del equipo de baja capacidad es nulo, debido a su especialización y características particulares. La tasa de escalamiento es del 5%, y la tasa mínima del 40%.

### Análisis de Resultados

Con este ejemplo puede apreciarse la diferencia en la decisión final, según el modelo que se adopte. En efecto, el modelo del Dr. Brown no incluye la alternativa 3 (línea en paralelo) como posible opción para el desarrollo de la capacidad productiva, y por lo tanto al obtener que  $N_1 < N$ , el modelo concluye que resulta mejor la Alternativa 2 (no se considera ni calcula  $N_2$ ). Sin embargo, según el modelo aquí desarrollado se obtiene que  $N_2 < N_1 < N$  lo cual, con el análisis financiero de sobrantes permite concluir que resulta mejor la Alternativa 3.

De esta forma, se hace evidente la necesidad de utilizar el modelo que más se ajuste a las condiciones reales de la

empresa en análisis, o sea aquél que incluya todas las posibles variantes y situaciones que podrían presentarse y que logre abarcar y reflejar todas las condiciones presentes en el análisis, para no caer así en resultados distorsionados.

## 6. CONCLUSIONES

Indudablemente, el desarrollo de la capacidad productiva plantea al empresario un problema complejo y multidimensional por la gran cantidad de factores y variables que afectan su decisión final. Sin embargo, la existencia de un modelo decisorio sencillo que incluya tales factores y permita al empresario ubicarse dentro de los parámetros de su situación particular, se constituye en una herramienta que simplifica el proceso decisorio y lo conduce a seleccionar la mejor alternativa dadas sus circunstancias financieras, de demanda, tecnológicas, y demás.

Al comenzar su análisis, el empresario conoce los valores de  $IB_h$ ,  $IA_h$  y  $VM_h$  (con los cuales puede calcular  $K_1$ ,  $K_2$ ), además conoce las tasas  $i^*$  y  $e$ , y con toda esta información puede calcular  $N_1$  y  $N_2$ . Además el empresario puede estimar el valor de  $N$  en función de sus proyecciones de mercados y tecnología, y está por lo tanto en condiciones de ubicarse dentro de los rangos decisorios existentes, así:

- Si  $K_1 + K_2 > 1$  entonces  $N_1 < N_2$  y  $S_2 < S_1$  (Región B del Gráfico 1). Incorporando  $N$  al análisis tendrá que:
  - a) Si  $N \leq N_1 \leq N_2$ , su decisión será siempre ALT. 1
  - b) Si  $N_1 \leq N \leq N_2$ , su decisión será ALT. 2
  - c) Si  $N_1 \leq N_2 \leq N$ , su decisión será ALT. 2
- Si  $K_1 + K_2 < 1$ , entonces  $N_2 < N_1$  y  $S_1 < S_2$  Región A del Gráfico 1). Al incorporar  $N$  al análisis resulta que:

- d) Si  $N \leq N_2 \leq N_1$ , su decisión es siempre ALT. 1
- e) Si  $N_2 \leq N \leq N_1$ , su decisión es siempre ALT. 3
- f) Si  $N_2 \leq N_1 \leq N$ , su decisión será ALT. 3
- Si  $K_1 + K_2 = 1$ , entonces  $N_1 = N_2$  y  $S_1 = S_2$ , con lo cual:

Si  $N \leq N_1 = N_2$ , ALT. 1

Si  $N_1 = N_2 \leq N$ , esta situación de indiferencia (ambas alternativas son exactamente iguales), y en este caso, entran a jugar un papel importante en la decisión los factores varios analizados en la sección 2.4.

- Es importante destacar en este modelo la integración de los factores económico-financieros, con los factores de mercado y tecnológicos y detectar cómo la estrategia ideal de desarrollo de la capacidad tecnológica está definida por la interrelación de dichos factores.
- Es fácil apreciar el efecto de tener tasas mínimas de retorno ( $i^*$ ) superiores a las tasas de escalamiento ( $e$ ), pues no sólo se reducen los valores de  $N_1$ , o de  $N_2$ , sino que también se observa un crecimiento significativo de los sobrantes.
- En este modelo simple no se han incluido factores tales como: cambio en costos por operar a capacidad reducida, cambio en costos por tener que operar a capacidades un poco superiores a las óptimas, cambios en condiciones tecnológicas, y/o relaciones específicas de capacidad entre las alternativas de alta y de baja. Igualmente tampoco se han incluido los efectos positivos de economías de escala ni las ventajas de las líneas paralelas. Sin embargo el modelo genera lineamientos muy fáciles de aplicar y ayuda notablemente al planeamiento de las decisiones de inversión.

- La decisión operativa y los resultados financieros están muy definidos en función de las relaciones existentes entre  $K_1$  y  $K_2$ .
- Las herramientas propias de la Ingeniería Económica permiten modelar muy bien situaciones como la aquí presentada y es básico que el ente decisor tenga en cuenta modelos como el aquí desarrollado para poder tomar decisiones en un esquema mucho más coherente, sólido e informado.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a: María Cecilia Madriñán y Adriana Noreña, egresadas del ICESI, por su trabajo sobre este tema que dio muy buenas bases para este desarrollo, y muy especialmente agradecen a la Ingeniera de Sistemas María Cristina Delgado, quien ejecutó toda la programación en el computador y nos dio ideas valiosas con sus programas. Finalmente agradecemos a Sonia Ramírez por su diligente labor mecanográfica.

#### REFERENCIAS

- BROWN., Thane "Economic Evaluation of Future Equipment Needs". Chemical Engineering, 1977.
- VARELA V., Rodrigo "Evaluación Económica de Inversiones". Editorial Norma 1989.
- VARELA V., Rodrigo "Tamaño Optimo de Planta" VII Congreso Interamericano, IX Congreso Colombiano de Ingeniería Química. Bogotá, Agosto 1979.
- VARELA V., Rodrigo "Evaluación de Proyectos bajo Condiciones Inflacionarias" INCOLDA, 1985.
- VARELA V., Rodrigo "Diseño de Planta y Producción" Universidad del Valle, Noviembre 1976.

## LA FAMILIA EN LA PERSPECTIVA DEL AÑO 2000\*

### DESAFIOS DEL POSICIONAMIENTO DE LA MUJER EN LA SOCIEDAD DE HOY Y EN LA PERSPECTIVA DEL AÑO 2000

MARIA ISABEL VELASCO DE LLOREDA

Psicóloga Universidad Javeriana, especialista en Relaciones Industriales  
ICESI-EAFIT, Directora Relaciones Empresa-Universidad ICESI, Docente  
ICESI.

#### 1. INTRODUCCION

Cuando el año pasado en Albán le propuse al padre Carlos Vásquez S.J., incluir dentro de este Seminario el significado de la participación de la mujer en el mundo y su presencia en la familia, nunca me imaginé que esta responsabilidad recayera en mí. Hoy le agradezco a él esta oportunidad: recorrer la historia en uno mismo puede ser algunas veces doloroso, pero es una oportunidad de crecimiento personal que no hay cómo pagar.

Para esta ponencia me limitaré a considerar lo que a mi modo de ver son los desafíos de la mujer casada, profesio-

sional, y que decide salir a trabajar porque quiere o porque tiene que hacerlo. No se puede pretender que los desafíos sean los mismos para todas, ya que hay diferencias según edad, nivel socio-económico o formación académica, la raza, la religión...

Pero, se preguntarán ustedes, ¿por qué se cuestionan los desafíos de la mujer y no los del hombre? ¿Por qué el aporte de ella es significativo? ¿Existen acaso diferencias significativas entre ellos y ellas? Aparentemente hemos sido tratados de la misma manera, pero no.